

**SINGLE-LAYER, HALF-TONE PHASE-SHIFT MASK AND ITS MANUFACTURE**

Patent Number: JP7199447  
Publication date: 1995-08-04  
Inventor(s): UESAWA FUMIKATSU  
Applicant(s):: SONY CORP  
Requested Patent: ☐ JP7199447  
Application Number: JP19930352905 19931228  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G03F1/08 ; H01L21/027  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:**To provide a single-layer, half-tone phase-shift mask which can reduce manufacturing processes and the occurrence of defects, control the amount of phase shift, and control light intensity transmittance to the appropriate value and a method for manufacturing the same.

**CONSTITUTION:**A single-layer, half-tone phase-shift mask comprises a substrate 10 and a single semishielding layer 22 serving also as a shifter layer formed on the substrate and having semishielding films formed in a desired pattern, the semishielding films being made from a material with a complex index of refraction whose real and imaginary number parts can be varied depending on the film-forming conditions of CVD method. A method for manufacturing the mask comprises a process in which, using on the substrate the material with a complex index of refraction whose real and imaginary number parts can be varied depending on the film-forming conditions of CVD method, semishielding films are formed from the material using CVD method and a single semishielding layer serving also as a shifter layer is formed by the selective removal of part of the semishielding films.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

6-184-1

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-199447

(43) 公開日 平成7年(1995)8月4日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A			
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 P
		7352-4M		5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平5-352905

(22) 出願日 平成5年(1993)12月28日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 上澤 史且

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

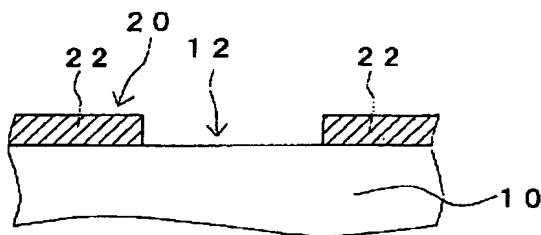
(74) 代理人 弁理士 山本 孝久

(54) 【発明の名称】 単層ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその作製方法

(57) 【要約】

【目的】 作製工程を削減することができ、欠陥発生をより少なくすることができ、しかも位相変化量及び光強度透過率の値を適切な値に制御し得る単層ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその作製方法を提供する。

【構成】 単層ハーフトーン方式位相シフトマスクは、基体10と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターンに形成された単層のシフター層兼半遮光層22から成り、半遮光膜は、CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料から成る。また、その作製方法は、基体上に、CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料を使用して、CVD法にてこの材料から成る半遮光膜を成膜した後、半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、

該半遮光膜は、CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項2】 シフター層兼半遮光層に要求される光強度透過率をT、前記材料の複素屈折率の実数部分をn、虚数部分をkとしたとき、

$$\ln T = -2\pi (k / (n - 1))$$

を満足する材料から半遮光膜を構成することを特徴とする請求項1に記載の単層ハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項3】 基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、

該半遮光膜は $\text{SiO}_x\text{N}_y$ から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項4】 基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、

該半遮光膜は $\text{SiN}_x$ から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項5】 基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、

該半遮光膜は $\text{SiO}$ 又は $\text{SiO}_x$ から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項6】 基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、

該半遮光膜は $\text{SiC}$ から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項7】 CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料を使用して、基体上にCVD法にて該材料から成る半遮光膜を成膜した後、該半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法。

【請求項8】 (イ) 予めシフター層兼半遮光層の光強度透過率Tを決定し、併せて、シフター層兼半遮光層を透過する光の波長 $\lambda$ を決定し、

(ロ) 前記材料の複素屈折率の実数部分をnとしたとき、次式からシフター層兼半遮光層の厚さdを求め、 $d = \lambda / 2 (n - 1)$

(ハ) 前記材料の複素屈折率の虚数部分をkとしたとき、次式からnとkの関係を求め、

$$\ln T = -2\pi (k / (n - 1))$$

(ニ) n及びkが上記の関係から得られた値となるように、CVD法による半遮光膜の成膜条件を決定し、かかる成膜条件に基づき厚さdの半遮光膜を成膜することを特徴とする請求項7に記載の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法。

【請求項9】 基体上にCVD法にて $\text{SiO}_x\text{N}_y$ から成る半遮光膜を成膜した後、該半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法。

【請求項10】 基体上にCVD法にて $\text{SiN}_x$ から成る半遮光膜を成膜した後、該半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法。

【請求項11】 基体上にCVD法にて $\text{SiO}$ 又は $\text{SiO}_x$ から成る半遮光膜を成膜した後、該半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法。

【請求項12】 基体上に $\text{SiC}$ から成る半遮光膜を成膜した後、該半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、シフター層と半遮光層が一体となった単層ハーフトーン方式位相シフトマスクに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造におけるパターン転写工程、所謂リソグラフィ工程で使用されるフォトマスクは、フォトマスク上のパターン形状をウエハ上に形成されたレジスト材料に転写するために用いられる。半導体装置等におけるパターン加工の寸法は年々微細化している。そして、遮光領域と光透過領域とから構成されたパターン領域のみを備えた従来型のフォトマスクでは、リソグラフィ工程で使用する露光装置の露光光の波長程度の解像度を得ることができず、半導体装置等の製造において要求される解像度を得ることが困難になりつつある。そこで、近年、このような従来型のフォトマスクに替わって、光の位相を異ならせる位相シフト領域を具備した、所謂位相シフトマスクが用いられるようになってきている。位相シフトマスクを用いることによって、従来型のフォトマスクでは形成不可能な微細パターンの形成が可能である。

【0003】 従来の位相シフトマスクにおけるパターン領域は、光透過領域、光を遮光する遮光領域、及び光透過領域を透過する光の位相と異なる位相の光を透過させ

る光透過物質から成る位相シフト領域から構成されている。典型的な従来のエッジ強調型位相シフトマスクのパターン領域の模式的な一部切断図を図7の(A)及び(B)に示す。図中、210は透明材料基板から成る基体、212は光透過領域、214は遮光領域、216は位相シフト領域、218は光透過物質層である。光透過物質層218を設けることによって、光透過領域212を透過した光の位相と、位相シフト領域216を透過した光の位相を、例えば180度変化させることができる。

【0004】従来の位相シフトマスクにおいては、位相シフト領域の形状あるいは位置を精確に制御しないと微細なパターンの形成ができない。また、パターン形状によっては、位相シフト領域が、本来光の干渉を受けてはならない他の光透過領域にまで光の干渉を生じさせる場合がある。このような場合には、位相シフト領域を形成することができない。

【0005】これらの従来の位相シフトマスクの問題点を解決するための位相シフトマスクの一種に、半遮光領域と光透過領域とから構成されたパターン領域を備え、半遮光領域を透過した光の位相と光透過領域を透過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクがある。ハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、光透過領域を除くほぼ全面に半遮光領域が形成されている。ハーフトーン方式位相シフトマスクは、従来の位相シフトマスクの問題点を解決できるだけでなく、その作製が容易であり、しかも、マスク作製時に欠陥が生成される度も低いという利点を有する。

【0006】従来のハーフトーン方式位相シフトマスクのパターン領域の模式的な一部断面図を図8の(A)及び(B)に示す。図8中、110は透明材料基板から成る基体、112は光透過領域、120は半遮光領域である。半遮光領域120は、例えばCrから成る半遮光層122、及び例えばSOG (Spin On Glass) から成るシフター層(光透過物質層)124から構成されている。シフター層124は、光透過領域112を透過した光の位相と半遮光領域120を透過した光の位相を例えば180度異ならせるといった機能を有する。

【0007】ハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、半遮光領域120の振幅透過率は、0より大きく且つレジスト材料を解像させない程度、例えば20~45%程度である。尚、光強度透過率で表現すると、4~20%程度である。そして、マスクのパターン領域に形成されたパターン形状をウエハ上に形成されたレジスト材料に転写するために、所定の光強度透過率及び位相を有する半遮光領域120を通過した光、及び、半遮光領域120とは例えば位相が180度異なる光透過領域112を通過した光の干渉を利用する。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ハーフトーン方式位相

シフトマスクは、アウトリガー型あるいはリム型の従来の位相シフトマスクとほぼ同程度のパターン転写性能を有する。しかしながら、従来のハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、半遮光領域120が半遮光層122及びシフター層124から構成されているため、半遮光領域120を形成するために成膜工程が2工程必要とされ、しかも、CrとSOGのエッチング条件が異なるのでエッチング工程も2工程必要とされ、作製工程が煩雑である。また、成膜工程やエッチング工程が多くなると、ハーフトーン方式位相シフトマスクに欠陥が発生する確率も高くなる。更には、シフター層124をSOGから構成した場合、SOGの下地に対する密着性が低いために、所謂スクラブ洗浄を行うことができないという問題もある。

【0009】反応性スパッタ法にて成膜されたCr-O膜あるいはCr-ON膜を用いた単層ハーフトーン方式位相シフトマスクが、例えば文献「単層ハーフトーン型位相シフトマスクの開発」、吉岡信行 他、第54回応用物理学会学術講演会講演予稿集、28a-SHF-24 から公知である。この文献には、Crターゲットと $Ar+O_2$ 又は $Ar+O_2+N_2$ ガスとを用いた反応性スパッタを行うことによって、Cr-O又はCr-ON膜を成膜することが開示されている。そして、スパッタ条件を変えることによって、Cr-O又はCr-ON膜の複素屈折率の実数部分と虚数部分を変化させ、これによって、Cr-O又はCr-ON膜の光透過率と位相変化を制御している。この文献に開示された技術は、i線( $\lambda=365\text{nm}$ )を用いる場合には有効であるが、例えばKrFエキシマレーザ光といった一層短波長の光を用いる場合、Cr-O又はCr-ON膜の膜厚、位相変化量及び光透過率の各々を適切な値に制御することができなくなるという問題がある。即ち、Cr-O又はCr-ON膜においては、光透過率が決定されるとこれらの膜厚が決まり、膜厚が決まれば位相変化量は画一的に決まってしまう。

【0010】従って、本発明の目的は、作製工程を削減することができ、欠陥発生をより少なくすることができ、しかも位相変化量及び光強度透過率の値を適切な値に制御し得る単層ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその作製方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクは、基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、半遮光膜は、CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料から成ることを特徴とする。

【0012】本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、シフター層兼半遮光層に要求される

光強度透過率を  $T$ 、前記材料の複素屈折率の実数部分を  $n$ 、虚数部分を  $k$  としたとき、

$$\ln T = -2\pi (k / (n-1))$$

を満足する材料から、半遮光膜を構成することが望ましい。

【0013】あるいは又、本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクは、基体と、基体上に形成され且つ半遮光膜が所望のパターン形状に形成された単層のシフター層兼半遮光層から成り、半遮光膜は、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{SiO}$ 、 $\text{SiO}_x$  又は  $\text{SiC}$  から成ることを特徴とする。

【0014】上記の目的を達成するための本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法は、CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料を使用して、基体上にCVD法にてこの材料から成る半遮光膜を成膜した後、半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする。

【0015】本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法においては、

(イ) 予めシフター層兼半遮光層の光強度透過率  $T$  を決定し、併せて、シフター層兼半遮光層を透過する光の波長  $\lambda$  を決定し、

(ロ) 前記材料の複素屈折率の実数部分を  $n$  としたとき、次式からシフター層兼半遮光層の厚さ  $d$  を求め、 $d = \lambda / 2 (n-1)$

(ハ) 前記材料の複素屈折率の虚数部分を  $k$  としたとき、次式から  $n$  と  $k$  の関係を求め、

$$\ln T = -2\pi (k / (n-1))$$

(ニ)  $n$  及び  $k$  が上記の関係から得られた値となるよう

$$T = I / I_0 = \exp \{ (-4\pi k d) / \lambda \} \quad \text{式 (1)}$$

となる。一方、シフター層兼半遮光層が形成された半遮光領域を透過した光の位相と、シフター層兼半遮光層が形成されていない光透過領域を透過した光の位相を例えば  $180^\circ$  変化させる場合には、シフター層兼半遮光層の膜厚  $d$  は、

$$d = \lambda / 2 (n-1) \quad \text{式 (2)}$$

の関係を満足する必要がある。故に、式 (1) 及び式

(2) から、

$$\begin{aligned} \ln T &= (-4\pi k d) / \lambda \\ &= -2\pi k / (n-1) \quad \text{式 (3)} \end{aligned}$$

が導かれる。

【0020】従って、CVD法等の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料から半遮光膜を構成することによって、 $n$  及び  $k$  の値を所望の値とすることで、光透過領域を通過した光の位相と、シフター層兼半遮光層を通過した光の位相とを制御しつつ、シフター層兼半遮光層を通過する光の光強度透過率を所望の値に制御することができる。本発明のハーフトーン方式位相シフトマスクは単層であり、2工程の成膜

に、CVD法による半遮光膜の成膜条件を決定し、かかる成膜条件に基づき厚さ  $d$  の半遮光膜を成膜することが望ましい。

【0016】あるいは又、本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法は、基体上に、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{SiO}$  又は  $\text{SiO}_x$  から成る半遮光膜をCVD法にて成膜した後、半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする。

【0017】更には又、本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法は、基体上に  $\text{SiC}$  から成る半遮光膜を成膜した後、半遮光膜を選択的に除去することによって単層のシフター層兼半遮光層を形成する工程から成ることを特徴とする。

【0018】尚、ウエハ上に形成されたレジスト材料に対して露光により転写パターン形状等を形成するとき、縮小投影に使用されるものをレティクル、一対一投影に使用されるものをマスクと称したり、あるいは原盤に相当するものをレティクル、それを複製したものをマスクと称したりすることがあるが、本明細書においては、このような種々の意味におけるレティクルやマスクを総称してマスクと呼ぶ。

【0019】

【作用】シフター層兼半遮光層を構成する材料の複素屈折率の実数部分の値を  $n$ 、虚数部分の値を  $k$  とした場合、光強度  $I_0$ 、波長  $\lambda$  の光を膜厚  $d$  のシフター層兼半遮光層に入射させたとき、シフター層兼半遮光層を透過した後の光の光強度  $I$  は、

$$I = I_0 \cdot \exp \{ (-4\pi k d) / \lambda \}$$

で表わされる。従って、光強度透過率  $T$  は、

工程やエッチング工程は不要である。

【0021】また、半遮光膜を構成する材料を  $\text{SiO}_x\text{N}_y$ 、 $\text{SiO}$ 、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiN}_x$  又は  $\text{SiC}$  等から選択すれば、 $\text{Cr}$  を用いる場合と異なり、半遮光膜の膜厚、位相変化量及び光強度透過率の各々の値を適切な値に制御することができる。更には、これらの材料からCVD法等にて半遮光膜を形成することによって、シフター層兼半遮光層と基体との間の密着力を高く保持することができ、所謂スクラブ洗浄を行うことも可能である。

【0022】

【実施例】以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【0023】(実施例1) 本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクは、図1にパターン領域の模式的な一部断面図を示すように、透明材料基板(例えば石英基板)から成る基体10と、基体10上に形成されたシフター層兼半遮光層22から成る。シフター層兼半遮光層22は、半遮光膜を所望のパターン形状に形成することによって得ることができる。半遮光膜は、CVD法の成

膜条件によって複素屈折率の実数部分 ( $n$ ) と虚数部分 ( $k$ ) の値を変え得る材料から成る。シフター層兼半遮光層 22 が形成されている半遮光領域 20 を透過する光の位相と、シフター層兼半遮光層 22 が形成されていない光透過領域 12 を透過した光の位相は、例えば 180 度異なる。

【0024】半遮光膜を構成する材料としては、シフター層兼半遮光層 22 に要求される光強度透過率を  $T$  としたとき、

$$\ln T = -2\pi (k / (n - 1))$$

を満足する材料を選択すればよい。実施例 1 においては、この材料として、具体的には、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  を選択した。尚、半遮光膜の成膜条件によっては、 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  中に水素が取り込まれ、 $\text{SiO}_x\text{N}_y\text{H}_z$  の形態となる場合があるが、このような形態も本明細書においては  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  に包含される。

【0025】 $\text{SiO}_x\text{N}_y$  は CVD 法にて成膜することができる。この場合、原料ガスとして、例えば  $\text{SiH}_4$  と  $\text{N}_2\text{O}$  を使用する。 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$  のガス供給割合を変えると、成膜された  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  の複素屈折率の実数部分 ( $n$ ) と虚数部分 ( $k$ ) の値を変えることができることは公知である。例えば、文献 "Practical resolution enhancement effect by new complete anti-reflective layer in KrF laser lithography", T. Ogawa, et. al., SPIE vol. 1927, Optical/Laser Microlithography, VI (1993), pp.263-274 を参照のこと。

【0026】この文献によれば、KrF エキシマレーザ光 ( $\lambda = 248 \text{ nm}$ ) を用いる場合においては、図 2 の (A) に示すように、 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$  のガス供給割合に拘らず、 $n$  の値はほぼ一定 ( $n$  は約 2.1) である。一方、図 2 の (B) に示すように、 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$  のガス供給割合が増加するに従い、 $k$  の値は増加する。尚、 $\lambda = 248 \text{ nm}$  における  $n$  と  $k$  の関係を求めた実験値のグラフを図 3 に示す。従って、光強度透過率  $T$  を予め決定しておけば、式 (3) を変形した下記の式から  $k$  と  $n$  の関係を求めることができる。

$$k = (-\ln T / 2\pi) (n - 1) \quad \text{式 (4)}$$

【0027】図 3 に示すように、 $T$  をパラメータとして、求められた  $n$  を変数とする  $k$  の一次関数と、 $n$  と  $k$  の関係を求めた実験値のグラフの交点 ( $n$ ,  $k$ ) を求めれば、所望の位相変化量 (180 度) と光強度透過率 ( $T$ ) を得ることができる。即ち、このような  $n$  及び  $k$  の値が得られるような CVD 法の成膜条件を予め試験を行うことにより求めておく。そして、かかる CVD 成膜条件にて厚さ  $d$  の半遮光膜を成膜すれば、所定の光強度透過率  $T$  を有し、しかも、半遮光領域 20 を透過した光の位相と光透過領域 12 を透過した光の位相を、例えば 180 度変えることができる。

【0028】以下、実施例 1 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの作製方法を説明する。シフター層兼半

遮光層 22 の光強度透過率  $T$  を例えば 10% とし、シフター層兼半遮光層 22 を透過する光の波長  $\lambda$  を KrF エキシマレーザ光の波長である 248 nm とした。このような条件においては、図 3 から、式 (4) に  $T = 0.1$  を代入した一次関数と、 $\lambda = 248 \text{ nm}$  における  $n$  と  $k$  の関係を求めた実験値のグラフとの交点の ( $n$ ,  $k$ ) の値は、概ね (1.94, 0.34) となる。

【0029】PECVD 装置等に依存するが、このような ( $n$ ,  $k$ ) の値を求めるために、 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$  のガス供給割合を変化させて  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  を成膜する試験を行った。

使用ガス :  $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O} = 50/25 \sim 100 \text{ sccm}$

成膜温度 :  $360^\circ \text{C}$

RF パワー :  $190 \text{ W}$

圧力 :  $3.3 \times 10^2 \text{ Pa}$  (2.5 Torr)

成膜時間 : 5 秒

$\text{SiH}_4$  ガス供給量を 50 sccm 一定量とし、 $\text{N}_2\text{O}$  ガス供給量を 25 ~ 100 sccm まで変化させて得られた半遮光膜の  $n$  及び  $k$  の値を図 4 に示す。図 4 から、( $n$ ,  $k$ ) = (1.94, 0.34) とする場合には、 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O} = 50/56 \text{ sccm}$  の条件にて  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  から成る半遮光膜を成膜すればよいことが判る。

【0030】尚、使用ガスとしては、 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$  の他にも、

$\text{SiH}_4/\text{O}_2/\text{N}_2$

$\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}/\text{Ar}$

$\text{SiH}_4/\text{O}_2/\text{N}_2/\text{Ar}$

$\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2/\text{Ar}$

$\text{SiH}_4/\text{NH}_3/\text{O}_2$

を例示することができる。このような各種のガスを使用して、図 4 と同様のグラフを作成すれば、所望の ( $n$ ,  $k$ ) の組み合わせを得るための CVD 条件を求めることができる。

【0031】本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクを作製するために、平行平板 PE (Plasma-Enhanced) CVD 装置を用いた PECVD 法、ECR プラズマ CVD 法あるいはバイアスプラズマ CVD 法にて、先ず、石英から成る基体 10 の表面に半遮光膜を成膜した。成膜条件は上述したとおりである。半遮光膜の厚さ  $d$  を

$$d = \lambda / 2 (n - 1)$$

を満足する値、即ち 132 nm とした。

【0032】次いで、電子線に感光するレジスト膜を半遮光膜上に例えばスピンコート法にて塗布し、次いで、描画装置からの電子線ビームによる描画、レジスト膜の現像を行った。

【0033】その後、以下に例示する方法によって半遮光膜のエッチングを行い、半遮光膜を選択的に除去し、次いで、レジスト膜を除去する。こうして、図 1 に示し

た、単層のシフター層兼半遮光層 22 を形成することができた。

(A)  $\text{CHF}_3$  (50~100 sccm) と  $\text{O}_2$  (3~20 sccm) の混合ガスを使用し、2 Pa 程度の圧力下 100~1000 W のパワーをかけてイオン性を高めたリアクティブイオンエッチング (RIE) 法によるエッチング。

(B)  $\text{C}_4\text{F}_8$  (30~70 sccm) と  $\text{CHF}_3$  (10~30 sccm) の混合ガスを使用し、2 Pa 程度の圧力下 100~1000 W のパワーをかけてイオン性を高めた RIE 法によるエッチング。あるいは又、

(C)  $\text{S}_2\text{F}_2$  (5~30 sccm) ガスを使用し、2 Pa 程度の圧力下 100~1000 W のパワーをかけてイオン性を高めた RIE 法によるエッチング。

【0034】(実施例 2) 実施例 2 においては、実施例 1 と異なり、半遮光膜を構成する材料として、 $\text{SiN}_x$  を用いた。実施例 2 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造は、図 1 に示した実施例 1 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクと同様であり、詳細な説明は省略する。

【0035】 $\text{SiN}_x$  は、平行平板 PECVD 装置を用いた PECVD 法、ECR プラズマ CVD 法あるいはバイアスプラズマ CVD 法によって成膜することができる。例えば PECVD 法において、 $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  ガスを使用し、 $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  のガス供給割合を変化させると、図 3 に示したとほぼ同様の  $n$  と  $k$  の関係が求まる。即ち、 $\text{KrF}$  エキシマレーザ光 ( $\lambda = 248 \text{ nm}$ ) を用いる場合においては、 $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  のガス供給割合に拘らず、 $n$  の値はほぼ一定 ( $n$  は 1.9~2.2 程度) である。一方、 $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  のガス供給割合が増加するに従い、 $k$  の値は増加する。従って、実施例 1 と同様に、光強度透過率  $T$  を予め決定しておけば、式 (4) から  $k$  と  $n$  の関係を求めることができる。この関係から得られた所定の CVD 成膜条件にて厚さ  $d$  の  $\text{SiN}_x$  から成る半遮光膜を成膜すれば、所定の光強度透過率  $T$  を有し、しかも、半遮光領域 20 を透過した光の位相と光透過領域 12 を透過した光の位相を、例えば 180 度変えることができる。

【0036】尚、使用ガスとしては、 $\text{SiH}_4/\text{NH}_3$  の他にも、

$\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{NH}_3$   
 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2/\text{NH}_3/\text{Ar}$   
 $\text{SiH}_4/\text{N}_2/\text{Ar}$   
 $\text{Si}_2\text{H}_6/\text{NH}_3$   
 $[(\text{CH}_3)_2\text{N}]_3\text{SiN}_3$   
 $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{N}]_3\text{SiN}_3$   
 $(\text{CH}_3)_3\text{SiN}_3$   
 $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{SiN}_3$   
 $(\text{Cp}_2\text{N})_3\text{SiN}_3$   
 $\text{Cp}_3\text{SiN}_3$

を例示することができる。尚、 $\text{Cp}$  はシクロペンタンの

略である。このような各種のガスを使用して、図 4 と同様のグラフを作成すれば、所望の ( $n$ ,  $k$ ) の組み合わせを得るための CVD 条件を求めることができる。また、 $\text{SiN}_x$  から成る半遮光膜のエッチングは、実施例 1 と同様の方法で行うことができる。

【0037】(実施例 3) 実施例 3 においては、実施例 1 と異なり、半遮光膜を構成する材料として  $\text{SiO}$  を用いた。実施例 3 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造も、図 1 に示した実施例 1 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクと同様であり、詳細な説明は省略する。

【0038】 $\text{SiO}$  から成る半遮光膜は、例えば、 $\text{SiH}_4/\text{O}_2/\text{N}_2$  ガスや  $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$  ガスを使用した CVD 法にて成膜することができる。成膜条件として、例えば、成膜温度を常温~500°C、圧力を 0.01~10 Pa とすることができる。一方、成膜された  $\text{SiO}$  から成る半遮光膜は、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{SF}_6$  あるいは  $\text{NF}_3$  系のエッチングガスをエッチャントとし、 $\text{Ar}$  を添加してイオン性を高めた RIE 法にてエッチングすることができる。

【0039】各種 CVD 成膜条件にて成膜された  $\text{SiO}$  から成る半遮光膜の ( $n$ ,  $k$ ) の関係を求める。一方、実施例 1 と同様に、光強度透過率  $T$  を予め決定しておく。これによって、式 (4) から  $k$  と  $n$  の関係を求めることができ、この関係から得られた所定の CVD 成膜条件にて厚さ  $d$  の  $\text{SiO}$  から成る半遮光膜を成膜すれば、所定の光強度透過率  $T$  を有し、しかも、半遮光領域 20 を透過した光の位相と光透過領域 12 を透過した光の位相を、例えば 180 度変えることができる。

【0040】(実施例 4) 実施例 4 においては、実施例 1 と異なり、半遮光膜を構成する材料として、 $\text{SiO}_x$  を用いた。実施例 4 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造も、図 1 に示した実施例 1 の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクと同様であり、詳細な説明は省略する。

【0041】 $\text{SiO}_x$  から成る半遮光膜は、以下の方法で成膜することができる。[平行平板型プラズマ CVD 装置を使用したプラズマ CVD 法]

使用ガスの組み合わせ：

$\text{SiH}_4/\text{O}_2$   
 $\text{SiH}_4/\text{O}_2/\text{Ar}$   
 [バイアス ECR プラズマ CVD 法]

使用ガスの組み合わせ：

$\text{SiH}_4/\text{O}_2$   
 $\text{SiH}_4/\text{O}_2/\text{Ar}$   
 $\text{TEOS}/\text{O}_2$   
 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}$   
 $\text{SiH}_4/\text{N}_2\text{O}/\text{Ar}$

【0042】一方、成膜された  $\text{SiO}_x$  から成る半遮光膜は、実施例 1 の  $\text{SiO}_x\text{N}_y$  から成る半遮光膜のエッチ

ング条件と同様の条件にてエッチングすることができる。

【0043】 $\text{SiH}_4/\text{O}_2$ ガスを使用し、バイアスECRプラズマCVD法にて $\text{SiO}_x$ から成る半遮光膜を各種成膜条件( $\text{SiH}_4/\text{O}_2$ のガス供給割合を変化)にて成膜した。成膜された $\text{SiO}_x$ から成る半遮光膜の

( $n$ ,  $k$ )の関係を図5に示す。実施例1と同様に、光強度透過率 $T$ を予め決定しておけば、式(4)から $k$ と $n$ の関係を求めることができる。そして、 $k$ と $n$ の関係から得られた所定のCVD成膜条件にて厚さ $d$ の $\text{SiO}_x$ から成る半遮光膜を成膜すれば、所定の光強度透過率 $T$ を有し、しかも、半遮光領域20を透過した光の位相と光透過領域12を透過した光の位相を、例えば180度変えることができる。

【0044】尚、 $\text{SiO}_x$ を成膜するための原料ガス及びCVD法として、その他、TEOS、OMCTS( $\text{Si}_4\text{O}(\text{CH}_3)_8$ )、HMDS( $\text{Si}_2\text{O}(\text{CH}_3)_6$ )等、あるいはこれらのガスと $\text{SiH}_4$ の併用、あるいは又、平行平板型プラズマCVD装置を使用したプラズマCVD法を例示することができる。

【0045】(実施例5) 実施例5においては、実施例1と異なり、半遮光膜を構成する材料として、 $\text{SiC}$ を用いた。尚、 $\text{SiC}$ から成る半遮光膜は、CVD法以外にもスパッタ法にて成膜することが可能である。実施例5の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造も、図1に示した実施例1の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクと同様であり、詳細な説明は省略する。

【0046】 $\text{SiC}$ から成る半遮光膜は、以下の方法で成膜することができる。

#### 〔熱CVD法〕

使用ガスの組み合わせ：

$\text{SiCl}_4/\text{C}_3\text{H}_8/\text{H}_2$

$\text{SiHCl}_3/\text{C}_3\text{H}_8/\text{H}_2$

$\text{SiCl}_4/\text{CH}_4/\text{H}_2$

$\text{SiH}_4/\text{C}_3\text{H}_8/\text{H}_2$

$\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_4/\text{H}_2$

CVD法の条件：

温度：  $100^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$

圧力：  $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^5 \text{Pa}$

より好ましくは  $1 \times 10^2 \sim 1 \times 10^5 \text{Pa}$

〔プラズマCVD法による光化学反応を利用〕

使用ガスの組み合わせ：

$\text{Si}_2\text{H}_6/\text{Si}(\text{CH}_3)_3/\text{C}_2\text{H}_2$

#### 〔ECRプラズマCVD法〕

使用ガスの組み合わせ：

$\text{SiH}_4/\text{CH}_4/\text{H}_2$

$\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_4$

$\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_4/\text{H}_2$

#### 〔スパッタ法〕

ターゲット： $\text{SiC}$

【0047】一方、成膜された $\text{SiC}$ から成る半遮光膜は、 $\text{CF}_4$ 、 $\text{CHF}_3$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{SF}_6$ あるいは $\text{NF}_3$ 系のエッチングガスをエッチャントとし、 $\text{Ar}$ を添加してイオン性を高めたRIE法によってエッチングすることができる。

【0048】 $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_4/\text{H}_2$ ガスを使用し、バイアスECRプラズマCVD法にて $\text{SiC}$ から成る半遮光膜を、以下に示す各種成膜条件( $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_4$ のガス供給割合を変化)にて成膜した。

使用ガス供給量： $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_4 = 5 \sim 10/2$ 。

$5 \sim 10 \text{sccm}$

RFパワー： $300 \sim 900 \text{W}$

圧力： $0.4 \times 10^{-2} \sim 5.3 \times 10^{-1} \text{Pa}$

【0049】成膜された $\text{SiC}$ から成る半遮光膜の

( $n$ ,  $k$ )の関係を図6に示す。実施例1と同様に、光強度透過率 $T$ を予め決定しておけば、式(4)から $k$ と $n$ の関係を求めることができる。そして、 $k$ と $n$ の関係から得られた所定のCVD成膜条件にて厚さ $d$ の $\text{SiC}$ から成る半遮光膜を成膜すれば、所定の光強度透過率 $T$ を有し、しかも、半遮光領域20を透過した光の位相と光透過領域12を透過した光の位相を、例えば180度変えることができる。

【0050】以上、好ましい実施例に基づき本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその作製方法を説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例にて説明した各種条件は例示であり、適宜変更することができる。半遮光膜を構成する材料も実施例に限定されず、CVD法の成膜条件によって複素屈折率の実数部分と虚数部分の値を変え得る材料ならば如何なる材料も用いることができる。

#### 【0051】

〔発明の効果〕 本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその作製方法によれば、作製工程を削減することができる。欠陥発生をより少なくすることができ、しかも位相変化量及び光強度透過率の値を適切な値に制御することができる。2工程の成膜工程やエッチング工程は不要であり、しかも、従来のハーフトーン方式位相シフトマスク作製プロセスや作製装置を用いて本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクを作製することができる。

【0052】また、半遮光膜を構成する材料を $\text{SiO}_x$ 、 $\text{N}_y$ 、 $\text{SiO}$ 、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiN}_x$ 又は $\text{SiC}$ 等から選択すれば、 $\text{Cr}$ を用いる場合と異なり、半遮光膜の膜厚、位相変化量及び光強度透過率の各々の値を適切な値に制御することができる。更には、これらの材料からCVD法等にて半遮光膜を形成することによって、シフター層兼半遮光層と基体との間の密着力を高く保持することができ、所謂スクラブ洗浄を行うことが可能となる。更には、必要に応じて、半遮光膜を構成する材料を基体から容易に除去することができる。例えば、半遮光膜を $\text{Si}$



$O_xN_y$ から構成した場合、HFを用いることによって、半遮光膜を基体から容易に除去できる。従って、基体を再使用することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の単層ハーフトーン方式位相シフトマスクのパターン領域の模式的な一部断面図である。

【図2】 $SiH_4/N_2O$ のガス供給割合に対する、入射する光の波長と $n$ 及び $k$ の関係を示すグラフである。

【図3】 $SiO_xN_y$ の成膜条件を変化させたときの $n$ と $k$ の関係を示すグラフである。

【図4】 $SiO_xN_y$ の成膜条件を変化させたとき得られた $n$ と $k$ の値を示すグラフである。

【図5】 $SiO_x$ の成膜条件を変化させたときの $n$ と $k$

の関係を示すグラフである。

【図6】 $SiC$ の成膜条件を変化させたときの $n$ と $k$ の関係を示すグラフである。

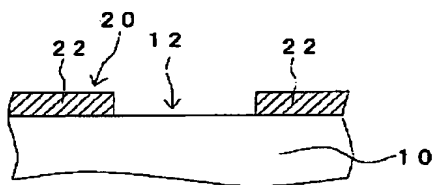
【図7】従来の位相シフトマスクのパターン領域の模式的一部分切断図である。

【図8】従来のハーフトーン方式位相シフトマスクのパターン領域の模式的な一部断面図である。

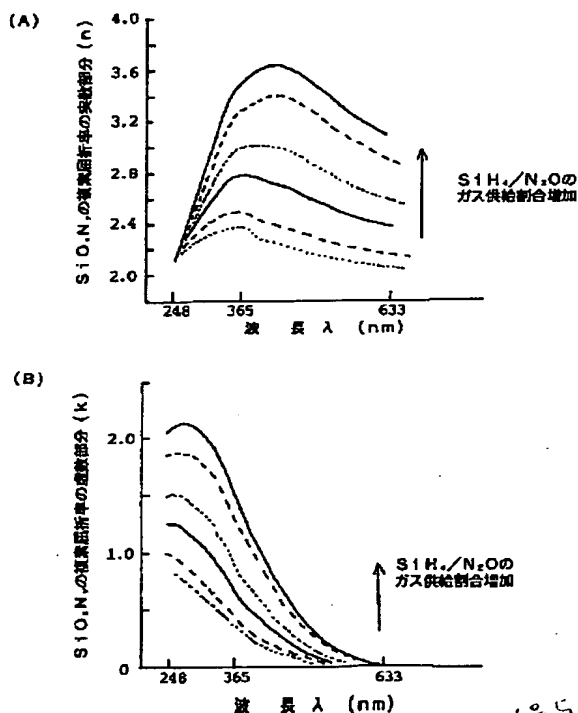
【符号の説明】

- 10 基体
- 12 光透過領域
- 20 半遮光領域
- 22 シフター層兼半遮光層

【図1】



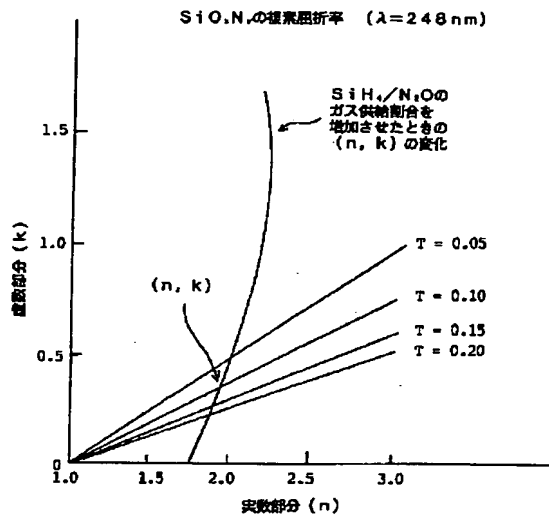
【図2】



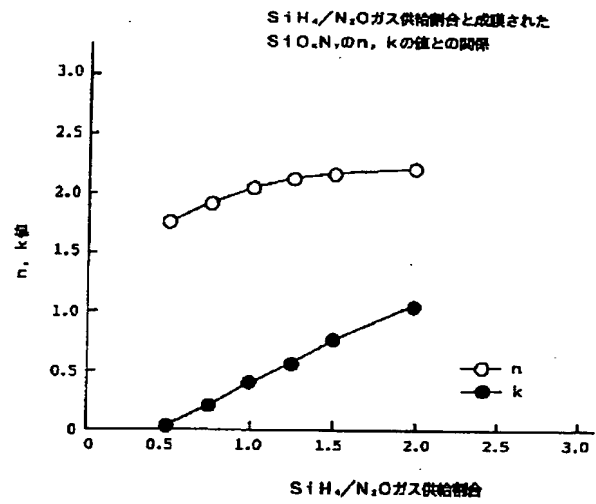
157.透過率T<sub>48</sub> 248 - k<sub>0.5</sub>  
157. k<sub>0.5</sub>以上  
↓k<sub>上界</sub>

透過特性得られ!!  
↑組成 or 密度(?)

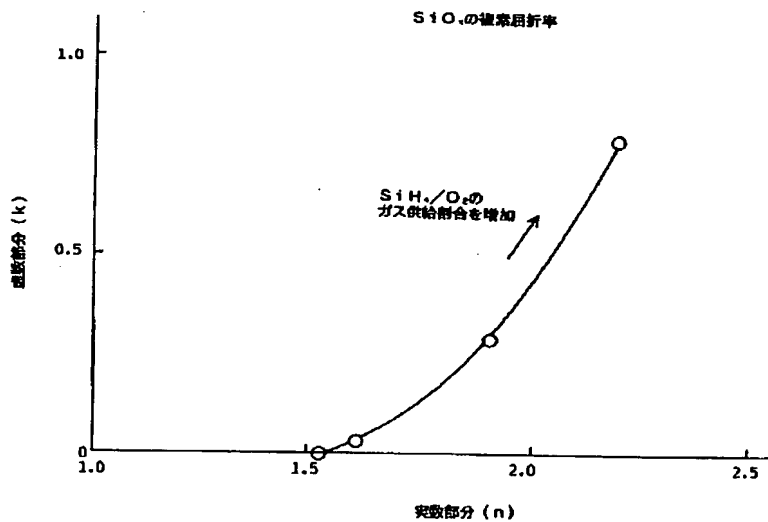
【図3】



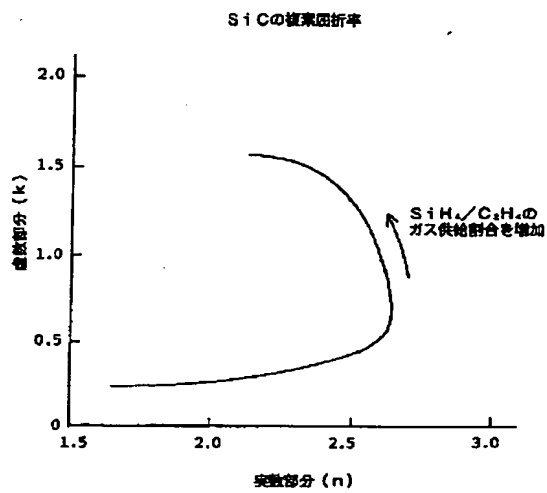
【図4】



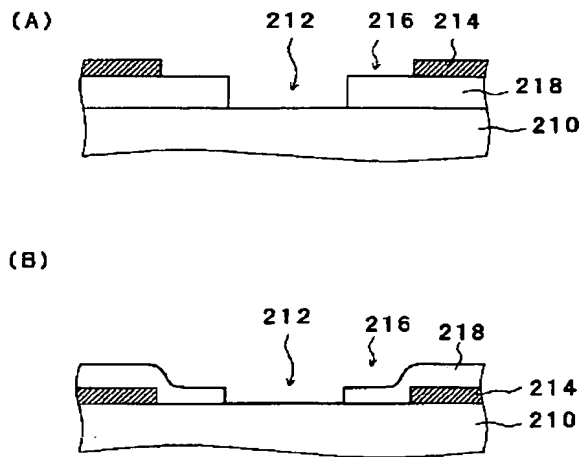
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

